

# 英國生態系統服務與森林經營的進展

◎林業試驗所森林經營組・謝漢欽(mickey@tfri.gov.tw)、成璋

本文介紹英國(Britain)2010年以來對生態系服務(ecosystem service)的觀念架構、森林生態系統服務分類細目、評估以及定價的內涵；並討論永續森林經營與以生態系統服務途徑進行經營兩者的關聯性。此外生態系統服務的優先順序，一直是英國森林研究部門持續在進行的研究，文中說明英國如何從一系列的研討會的發現、確認了來自於樹木、林地及森林的生態系統服務的優先順序，以提供林業政策制定與實踐。期望透過英國近年來在森林生態系統服務與永續森林經營政策制定方面的努力成果，作為臺灣林業部門面向未來的森林生態服務永續經營的借鏡。

## 生態系統服務的觀念與架構

英國官方將生態系統服務的定義為，從生態系統提供讓人類生活成為可能的諸多利益(Mace等，2011)；這個術語也是生態系統製品(goods)與服務(services)的代名詞。而其所稱的生態系統服務架構(architecture)，係指透過製品與服務認定及定價，評估生態系統的結構、過程及人類福祉之間的連結。最終生態系統服務是指那些由人類定價、直接貢獻的製品。中介(intermediate)生態系統服務及生態系統過程則用來支撐最終生態系統服務，但不直接與製品連結。也就是說製品是指來自於生態系統由人類定價、可使用及非使用的產出；服務是指製品被產出的過程。

所有的生態系統藉由系統內部的生物與非生物組成分，以及發生於組成分之間的生物、地球化學及物理過程，相互作用表現出系

統的特徵。有生命與無生命資產的蓄存形成自然資本(natural capital)，而生態系統服務流動於其間。當生態系統量與質發生改變(如圖1)，自然資本跟著改變，同樣地生態服務的流動也會改變。生態系統服務考量了人與自然的關係，被認為是屬於廣義自然資源經營生態系統途徑(ecosystem approach)的一部分。生態系統途徑係由2004年生物多樣性公約所定義，當成一種土地、水與生活資源的整合經營，能推動保育與永續利用的平等策略。本途徑可用來評估與人類現在與未來福祉有關的土地及自然資源利用決策面層面所產生的衝擊。

## 生態系統評估與服務的分類

英國官方所稱的生態系統評估(ecosystem assessment)是指能提供決策者有關於生態系統為何改變的科學數據、改變帶給人類福祉的後果、相關經營替代方案的潛在衝擊、以及

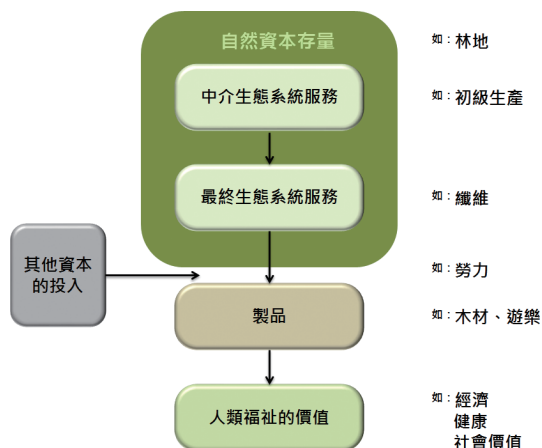


圖1 自然資本存量、生態系統服務的流動、人類福祉的價值，三者之間的關係(Bateman, 2011)。

提供政策制定選項的一個過程。在2005年的千禧年，隸屬於聯合國環境計畫生態系統評估(Millennium Ecosystem Assessment)，對於人類造成與人類福祉有關生態系統改變的後果，做了全球性評估；結果發現人類在過去50年間對生態系統的更動遠勝於過去歷史任何相對時段，超過60%(24項中的15項)生態系統服務，為了增加如食物、水、木質纖維等重要製品需求，增進了對自然資源的開發及集約的土地利用，因而生態系統服務的功能被評估為退化或是無法永續利用。

第一個大英國協生態系統評估(United Kingdom National Ecosystem Assessment, UK NEA)計畫於2009年至2011年實施，計畫評估了在UK及所屬的區域(英格蘭、蘇格蘭、威爾斯及北愛爾蘭)主要的大尺度棲地類型、生態系統提供給人們(製品、服務及福祉)的效益，以及影響這些效益之改變的驅動力(UK NEA, 2011)。評估所得的結論為自然與生態系統製品與服務的定價並沒有完全列入決策制定中，加以考慮。但在隨後2014年的國家生態系統補充(UK NEA Follow-On)計畫中，已經產生了一系列的新工具及提供決策者有利的資訊，來解決這個問題。表1係依據UK NEA對生態系統服務分類系統，分成(1)提供、(2)調節、(3)文化及(4)支撐4個大類型，從中提出了有關從樹木、林地到森林之生態系統服務的詳細清單。

## 森林生態系統服務的供與需

有關森林生態系統服務的供應，係發生在多層次的空間及時間尺度上。同樣的，森林規劃與經營決策一般在地方或區域層次上執行，也具有從地方、區域、國家及國際層次，

獲得利益的衝擊。此外生態系統服務的供應與消費也具有時間維度，人們從生態系統獲得的效益有時間遲滯性(例如泥炭土的緩慢累積或土壤化育過程，實際上只能利益於後代子孫)。人類對生態系統的需求同樣隨時間及空間而不同，並隨著不同時間的社會對服務需求而移轉(shift)。人類被定為生態系統服務的受益人，居於生態系統服務主題的中心，因而能判別某一生態過程是否能提供生態系統服務。認識誰是服務的受益人以及受益人所在的地方，幫助規劃者、經營者及政策制定者瞭解他們的決策如何造成廣泛的影響。

## 為生態系統服務定價

英國官方所提倡的生態系統觀念的架構，整合涵蓋了一系列的環境過程、具有明確的替代方案的資料、以及因生態系統服務而造成經營變動的綜合影響，足以貢獻有利的知識及證據來支持森林經營。其中，應用地理資訊系統空間分析為基礎的生態系統服務的供需評估，可以用來實現使用金錢或其他定量的方法，做為生態系統服務定價的依據。

為了以貨幣定價，他們建立一個能夠整合各種生態系統服務的資料及支援成本效益決策制定的共同計量指標。在計算一些(例如木材和木質燃料)符合傳統經濟市場的生態系統服務的效益，比起那些(例如生物多樣性與遊樂)目前還沒有商業市場(非市場效益)的服務更為直接。有許多生態系統服務在傳統上具有較少或非商業價值，常被視為「免費的製品」。對這些服務而言，為了讓利益關係人去了解他們對社會的價值貢獻，有必要去發展一系列工具與定價方法。發展生態系統

表1 UK樹木、林地及森林生態系統服務的例子 (取材自UK NEA, 2011)

供應服務	從森林生態系統提供可直接利用的產品
纖維及燃料產品	建材、單板、地板、粒片板、紙漿及木質燃料及木材產品(包括林木收穫之樹頭、樹根及殘材等)。
非木材森林副產物	來自植物的食品(例如:樹木的果實、漿果、葉子、糖漿、堅果, 以及非樹木本身之可食用的產物-如真菌類)、野鹿及飼養在林地或農-林業系統環境的家畜; 各種飲料; 手工藝、觀賞及園藝材料(例如:提供遊樂區的樹皮碎片、木杆、堆層與籬笆、木製玩具); 以及從樹膠、樹脂、樹臘、樹油與脂肪產製的醫學及化學用產物。
水資源供應	森林攔截的雨水、水氣及濃霧, 使之滲入土壤成為地下水或以逕流方式流入水道, 可供應水資源。林木殘材阻擋水道流通, 能增進水的儲存並減緩水流(減少洪水災害, 具調節的服務功能)。
基因資源	提供適應於英國當地生長環境的林木種子基因資源。
生物棲地多樣性	不同森林經營的型態可營造多樣性與物種的組合的森林環境(例如:透過生物多樣性行動計畫與農業-環境方案), 有利於提供稀有、須保護及優先保護物種的棲地(包括紅松鼠、稀有蝴蝶及鳥類等物種)。
調節服務	從森林生態系統提供的調節功能
氣候調節	碳捕捉或儲存(吸存)、防護或中和極端溫度、風力、紫外線及降水的影響(例如:提供人類與畜產的庇護、調節溪流的水溫保護溪魚)。
災害調節	防止土壤流失與森林經營作業造成的坡地災害; 對降雨減進行截流, 可遲滯或衰減溪流水的洪峰, 緩和洪水災害。
排毒及空氣、噪音、土壤與水的淨化	樹木能捕捉及吸附(清除)包括從土壤、水及大氣散布污染物, 改善它們的品質。然而這些汙染物也可能進入水源供應, 因此樹木、林地及森林對物種、立地及經營提供水的水質, 兼具正面純化與負面衝擊的效應。樹林帶可當作噪音的緩衝區, 能減低噪音的汙染(噪音減排), 提供健康效益。
病害與蟲害調節	具有高林齡及多林木物種結構的林地顯現出高度生物多樣性, 這些林地結構組成成分可減少某些蟲害及病害損害。從單純林與混交林(包含分類學上親緣較遠的物種)的研究, 綜合分析比較得知混交林被取食的植物損失量明顯比單純林少; 研究顯示混交林的樹木與生長區位被病害感染造成的影響較小, 混交林能分散更多的病原體, 對其中的特定樹種被損害的風險較小、病害對林分損害的潛力相對較小。
提供授粉物種棲地	樹木、林地及森林提供授粉種棲息地
文化服務	生態系統提供人類非物質福祉的效益
健康	健康效益包括在林地及森林中進行各項體力活動提供健身體的福祉; 花時間在林地活動促成的心理恢復(療癒)的效益; 讓人們能夠遠離焦慮及日常生活的壓力來源, 獲得身心靈的放鬆與自在; 藉由森林遊樂與休閒活動, 提供人們的享受與歡樂的福祉等。
自然/景觀的連結	提供人類體驗森林景觀與野生動物之感官刺激和感覺的效益(包括從生物多樣性及非木材產物獲得的福祉與效益)。
教育與學習	從森林學校(Forest Schools)獲得學習機會及從自願學習及學徒關係得到的個人發展等類型的效益。研究顯示能夠連結小孩、年輕人與自然之長期教育頗為重要。

文化服務	生態系統提供人類非物質福祉的效益
經濟	透過林地及森林直接生產木材、以森林為基礎的遊樂及其他非林木生產的企業，能提供就業機會，有助於地方的生計；能提供相關的旅遊產業的財務支持，間接有利於地方經濟。
社會發展與關係	在森林裡舉辦各項活動可加強現有社會關係，組織在森林環境的各種活動則可創造新的社會關係(包括自願團體與社區林業、社會資本的參與)。
符號、文化及心靈的意義	包括藉由文化或歷史協會獲得的使用與非使用的價值(例如:與歷史的連結或民間英雄人-如俠盜羅賓漢，及聖誕常綠協會等)。
支持服務	支撐供應、調節、文化三個服務的生態系統過程
初級生產	林木經由光合作用固定二氧化碳，產生有機物質，促成植物的生長並產生氧氣。
土壤化育	林木根系及微生物能分解底層的地質成分，枯枝落葉能在土壤內累積形成有機物質。
養分循環	連同其他形式的植被、樹木、林地及森林，加強枯枝落葉與土壤的養分循環，經由樹冠截留的大氣成分提供重要的養分給土壤(如初級生產所需的養分)。
水分循環	森林除了捕捉及提供水源給社會的服務外，還扮演截留水氣及蒸散作用之廣大水文循環的重要角色。
生物多樣性	生物多樣性及地區性適應種與種源的基因變異，有利於森林動態的植物與動物(包括提供棲地給傳粉物種、以及利於土壤化育及養分循環，維持分解過程的地下植物與動物)。

服務付費機制，應包含有公共及自願付費的計畫，並應開發新興的市場，以補償資源所有者所提供的生態系統服務。以上在森林經營制定決策時，能夠被列入考慮，當作位生態系統服務的定價的誘因。

當人們定價生態系統服務時，必須去區別中介服務與最後生態系統服務製品，以避免重複計價。一個系統的中介服務是指那些具有支持或調節角色，間接影響人類福祉的生態系統功能；而最終服務則直接貢獻於人們，被認定為有價的製品。例如在森林生態系統內，能從光合作用及透過植物吸收土壤養分與水的生態過程，所得之初級生產視為中介服務，而纖維則是最終生態系統服務，木材屬於由人們定價的一種製品。當為生態系統衍生的製品及服務定價時，對與兩者進行區分是必要的，可免雙重計價及混淆生產，但不是刻意要忽略中介服務較重要性。

生態系統服務的提供同樣依賴於人類資本(例如知識、技術及經驗)的存量，許多生態系統服務不僅歸屬於生態系統本身，而可以是因為人類及其他資本的投入(如圖1)形成的累積(例如配送生態系統服務的勞力、運輸及處理等)。這些資本投入能為最終製品加值，同樣經濟價值的製品(如木材)，應不單屬於生態系統功能的貢獻而已。

## 生態系統服務的優先順序

為執行英國公有森林資產生態系統服務的優先順序的認定，英國著重在開發定量及定價生態系統服務新工具與方法的發展的研究上。在2011年期間英國森林研究所(Forest Research)與林業委員會(Forestry Commission)成員，於每一國家區域(英格蘭、蘇格蘭、威爾斯及大不列顛)舉辦研討會；參加者被要求從生態系統服務分類細項的表單，每人分配10

票(unit)，可進行投票組合。將所有研討會得到的評分，使用平均加權計算出表單內服務項目的積分，以先後順序排序；結果得到跨區域的一致性順序，確認了最優先的6個從英國的森林生態系統服務項目分別是(1)產品(纖維及燃料)、(2)氣候緩和(碳吸存)、(3)減緩水災、(4)水質、(5)遊樂/健康及(6)生物多樣性。目前森林研究所依據這個表單，正在持續開發適用的生態系統服務指標，用來支援森林經營。

### 連結永續森林經營與生態系統服務

英國官方所稱的永續森林經營(sustainable forest management)是一個依據生態系統途徑被認可的森林經營方法，在森林認證策劃上是一個關鍵成分。與表1的生態系統服務分類項目相連結，英國林業為維護生態系統的製品與服務，依據包含不同面向的UK林業標準(UK Forestry standard)、需求及指南(Requirements and Guidelines)，其中需求與指南提供框架與指引，以符合UK的林業標準，用來協助達成符合歐洲及國際協議下的UK森林永續經營。從UK NEA顯示採取多目標永續森林經營，已在英國的林業部門獲得良好的實施；雖然這只是英國林業單一部門對土地利用的方法，經學者研究指出，該國的森林生態系統服務與UK林業採用永續森林經營兩者是相一致的。

### 英國森林經營改變的驅動力

是那些因素在造成過去UK森林的改變？英國官方應用經過修正的驅動力-壓力-現況-衝擊-回應(Driver-Pressure-State-Impact-Response, DPSIR)的林業部門生態系統供應的架構，用來說明森林生態系統服務供需的改

變。英國林業部門應用此一修改自歐洲環境署1990年開發的DPSIR架構，以符合林業部門架構(如圖2)，用來評估與環境改變有關生態系統服務供應驅動力造成的衝擊。在架構中，改變的驅動力(例如，社會經濟、世界市場及國際、歐洲與國家承諾)會造成森林部門(UK林業標準、林業指南及森林政策)內部壓力。壓力進而影響到現在與未來自然資本(例如林地、林型、開闢地)的現況，以及獲得自然資本的生態系統服務的受益人。樹木、林地及森林現狀的改變及其生態系統受益人會衝擊到生態系統服務的質、量、混合的定價與協同效益。以上的改變可以啟動森林經營與森林政策的回應，扮演改變自然資本的壓力，以及影響改變驅動力之有關政策的回映。

### 英國林業的驅動與轉變

英國自從20世紀初以來，當不一樣的製品與服務被需求時，森林政策與經營歷經一連串的改变，最明顯的是導致森林覆蓋率從1950年的4.7%增加到2014年的12.9%。20世紀初的低林地覆蓋率起因人類與氣候結合的驅動力，由於森林儲量不足，木材自給率過低，造成不穩定的壓力，必須靠進口木材彌補不足。20世紀前半，戰爭阻斷了貿易路線，致使UK必須靠自己增加森林開發，產製木材與纖維，因而減少了自然資本的儲量。對生態系統服務的衝擊顯現於必需增加木材供應量，而犧牲其餘調節、文化及支撐的服務功能。在1919年至1957年這段期間，政府的回映在於尋找一個木材儲備及能創造就業機會，兼顧鄉村經濟發展的策略。期間透過1919年成立的林業委員會來推動，由州政府

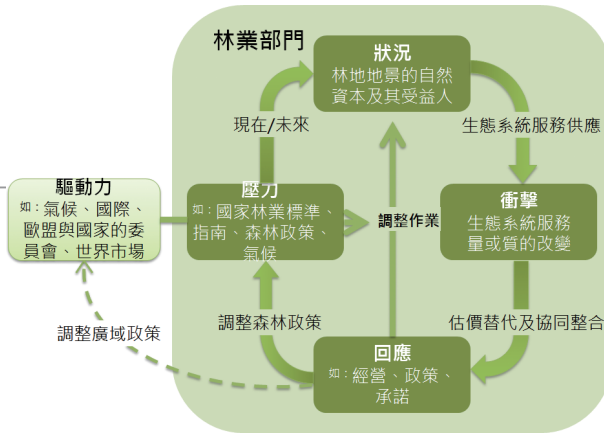


圖2 林業部門生態系統供應的架構，引用(Rounsevell, Dawson and Harrison, 2011)。

的財政支持的造林計畫及提供多個財政獎勵辦法，以推動私有地主的植樹與森林經營。

1957年之後，UK的森林政策轉向多生產的林業，由新浮現的本土木材處理工業興起，釋放出更多木材的經濟價值。在密集及提高生產的壓力下，帶動了森林經營轉變，特別在樹種選擇與整地上。當有更多位於蘇格蘭及威爾斯高地的針葉人工林被轉變，森林的空間分布隨之改變。這段時間，提供和調節的服務增加了，但是文化的服務減少了，特別是有關景觀的美學價值、因土地利用和土地覆蓋的變遷，造成棲地的喪失，減低了稀有種及保護種的生物多樣性供應。

漸漸地，相關的法規與森林政策，反映了公眾對森林提供服務需求與態度，要求增加保育及著重在遊樂的服務方面。於1980年代承先啟後的驅動力，移轉了森林政策，要求森林經營從木材產朝向多目標林業發展，例如1985年的闊葉樹政策(Broadleaves Policy)，雖然新值森林減少了，卻導致經營森林用來提供文化及供應其他生態系統服務。目前前被UK NEA確認的，在改變林地及森林關鍵的驅動力為，土地利用或棲地環境惡兩者引起的氣候變遷、入侵種及棲地的喪失。在確保永續利用自然資本的前提下，形成新的植樹造

林與經營土地的壓力下，必須提供多元利益。最近形成的金融工具已有利於在闊葉林地植樹，這也對其他經濟部門未來的木材供應造成衝擊。樹種選擇與林地經營系統的改變，同樣會影響調節服務的碳吸存效率。

## 永續林業經營

英國的林業在20世紀歷經多次轉移，從單一目標的木材生產轉移到多目標林業，到後期的永續林業經營，直到近期發布的生態系統服務。這些轉移主要是因為民眾對森林的態度與需求的改變，轉移事實上反映了國家法規與政策以及歐洲和全球市場變化的驅動力。審視從英國20世紀初以來，在改變的驅動力下，採取了不同經營決策的回映，顯示英國森林經營方式的改變與土地利用變遷影響了生態系統服務的供應。目前英國的政策制定者為維護本身的自然環境，關注於永續性與多功能土地利用的議題上，遵循歐洲棲地指引(Directive)、歐洲水資源架構指引，以及生物多樣性公約愛知2020年目標，為求能達成生物多樣性保育的目標。

相關報導指出，英國雖然有關生態系統服務的定價與定量指標等分析工具，2015年時仍處於發展階段；當前的森林經營實務應考量當地的林分、林地與土地利用的地景結構，加強適地合理育林作業的方法，提高森林的回復與調適能力，以因應未來生態系統服務潛在需求的改變，並能適應預期的土地利用轉變與氣候變遷的影響。目前英國森林覆蓋率只有13%都能如此，反觀臺灣森林覆蓋率達到60%以上，臺灣的育林與森林多元生態系統服務及多目標永續經營在哪裡呢?值得我們再三反思。⊗